

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



**“EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA AGUA
RESIDUAL DOMÉSTICA, EN LA INTERACCIÓN DE MACROFITAS
EN UNA LAGUNA DE OXIDACIÓN EN EL DISTRITO DE
SORITOR – MOYOBAMBA 2013”**

TESIS
PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO

AUTORES
BACH. CLAUDIA ALEXANDRA ROJAS VENTURA
BACH. DAVID ALBERTO CARRANZA VELA

ASESOR
ING. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA

N° DE REGISTRO: 06055713

MOYOBAMBA –SAN MARTÍN
PERÚ- 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



**“EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA AGUA
RESIDUAL DOMÉSTICA, EN LA INTERACCIÓN DE MACROFITAS
EN UNA LAGUNA DE OXIDACIÓN EN EL DISTRITO DE
SORITOR – MOYOBAMBA 2013”**

TESIS
PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO

AUTORES
BACH. CLAUDIA ALEXANDRA ROJAS VENTURA
BACH. DAVID ALBERTO CARRANZA VELA

ASESOR
ING. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA

Nº DE REGISTRO: 06055713

MOYOBAMBA –SAN MARTÍN
PERÚ- 2015



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las Tres de la Tarde del día Lunes 12 de Octubre del Dos Mil Quince, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Ing. M.Sc. MANUEL RAMÍREZ NAVARRO	PRESIDENTE
Ing. M.Sc. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA	SECRETARIO
Blgo. M.Sc. ALFREDO IBAN DÍAZ VISITACIÓN	MIEMBRO
Ing. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA	ASESOR

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado **“EVALUACION DE LA VARIACION DE LOS PARAMETROS PARA AGUA RESIDUAL DOMESTICA, EN LA INTERACCION DE MACROFITAS EN UNA LAGUNA DE OXIDACION EN EL DISTRITO DE SORITOR-MOYOBAMBA, 2013”**; presentado por los Bachilleres en Ingeniería Sanitaria **CLAUDIA ALEXANDRA ROJAS VENTURA Y DAVID ALBERTO CARRANZA VELA**, según Resolución Consejo de Facultad N°0189-2013-UNSM-T-FE-CF. de fecha 30 de Diciembre del 2013.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE (15)**

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **4:40 p.m.** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. M.Sc. Manuel Ramírez-Navarro
Presidente

Ing. M.Sc. Yrwin Francisco. Azabache Liza
Secretario

Blgo. M.Sc. Alfredo Iban. Díaz Visitación
Miembro

Ing. Juan José Pinedo Canta
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar en este momento tan especial de mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida y quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional; a mi abuelo que desde el cielo me cuida y guía y durante su vida me apoyo y enseñó a crecer como persona.

A mi primo y compañero de tesis David Alberto, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y terminar lo que nos propusimos.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Claudia Alexandra Rojas Ventura

DEDICATORIA

Dedico a esta tesis a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor

También con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento papá y mamá.

David Alberto Carranza Vela

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

Agradecer hoy y siempre a mi familia por el esfuerzo realizado por ellos. El apoyo en mis estudios, de ser así no hubiese sido posible, que me brindan el apoyo, la alegría y me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi asesor de tesis, Ing. Juan José Pinedo Canta por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación nos apoyó en el trascurso de la ejecución del proyecto de tesis.

También me gustaría agradecer a mis profesores que durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena a mi formación.

Claudia Alexandra Rojas Ventura

AGRADECIMIENTO

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a mi familia por el esfuerzo realizado por ellos. El apoyo en mis estudios, de ser así no hubiese sido posible. A mis padres y hermanos ya que me brindan el apoyo, la alegría y me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Un agradecimiento especial a mi asesor de Tesis el Ing. Juan José Pinedo Canta por su apoyo constante durante la realización de este proyecto de investigación.

David Alberto Carranza Vela

INDICE

Página

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN.....	xi
ABSTRAC.....	xii

CONTENIDO:

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS:.....	2
1.2.1. Objetivo General:.....	2
1.2.2. Objetivos específicos:.....	2
1.3. MARCO TEÓRICO:.....	3
1.3.1. Antecedentes:.....	3
1.3.2. Bases teóricas:.....	4
1.3.3. Normas Nacionales:.....	14
1.3.4. Definición de Términos:.....	16
1.4. SISTEMA DE VARIABLES:.....	19
1.4.1. Variable dependiente:.....	19
1.4.2. Variable independiente:.....	19
1.5. Hipótesis:	19
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.....	20
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:.....	20
2.1.1. De acuerdo a la Orientación:.....	20
2.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación:.....	20
2.2. Diseño de investigación:.....	21
2.3. Población y muestra:.....	22
2.3.1. Población:.....	22
2.3.2. Muestra:.....	22

2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos:.....	22
2.5. Técnica de procesamiento y análisis de datos:.....	25
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	27
3.1. Resultados:.....	27
3.2. Discusiones:.....	46
3.3. Conclusiones:.....	48
3.4. Recomendaciones:.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
PANEL FOTOGRÁFICO	
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS:

Cuadro N°01: LMP para efluentes de plantas de tratamiento de agua residual domestica.....	Pág. 15
Cuadro N°02: Métodos para el análisis del agua residual.....	Pág. 24
Cuadro N°03: Análisis de varianza.....	Pág. 25
Cuadro N°04: Límites Máximos Permisibles Para Efluentes De Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas O Municipales y parámetros obtenidos del agua residual a ser tratada.	Pág. 27
Cuadro N°05: Análisis De Varianza: Aceites y Grasas en las Aguas Residuales.	Pág. 28
Cuadro N°06: Análisis De Varianza: Coliformes Termotolerantes en las Aguas Residuales	Pág. 30
Cuadro N°07: Análisis De Varianza: Demanda Bioquímica De Oxígeno En Las Aguas Residuales.	Pág. 32
Cuadro N°08: Análisis De Varianza: Demanda Química De Oxígeno En Las Aguas Residuales	Pág. 34
Cuadro N°09: Análisis De Varianza: pH en las aguas residuales.	Pág. 36
Cuadro N°10: Análisis De Varianza: Sólidos Totales En Suspensión En Las Aguas Residuales	Pág. 38
Cuadro N°11: Análisis De Varianza: Temperatura en las aguas residuales.	Pág. 40
Cuadro N°12: Comparación De Los LMP Establecidos Por La Norma Con Los parámetros derivados de la Investigación.	Pág. 42
Cuadro N°13: Análisis De Varianza – Tratamiento Óptimo.	Pág. 45
Cuadro N°14: Determinación De Las Amplitudes Estudiantizadas Significativas.....	Pág. 45
Cuadro N°15: Matriz De Diferencias	Pág. 45

ÍNDICE DE GRÁFICOS:

GRÁFICO N° 01: Contenido de Aceites y Grasas en las Aguas Residuales.....	Pág. 29
GRÁFICO N° 02: Contenido de Coliformes Termotolerantes En Las Aguas Residuales.....	Pág. 31
GRÁFICO N° 03: Contenido de Demanda Bioquímica De Oxígeno En Las Aguas Residuales	Pág. 33
GRÁFICO N° 04: Contenido de Demanda Química De Oxígeno En Las Aguas Residuales	Pág. 35
GRÁFICO N° 05: Contenido de pH en las aguas residuales.....	Pág. 37
GRÁFICO N° 06: Contenido de Sólidos Totales En Suspensión En Las Aguas Residuales.....	Pág. 39
GRÁFICO N° 07: Contenido de Temperatura En Las Aguas Residuales.....	Pág. 41

ÍNDICE DE TABLAS:

TABLA N°01: Resultado de análisis del agua residual correspondiente al parámetro Aceite y Grasas

TABLA N°02: Resultado de análisis del agua residual correspondiente al parámetro Coliformes Termotolerantes

TABLA N°03: Resultado de análisis del agua residual correspondiente al parámetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

TABLA N°04: Resultado de análisis del agua residual correspondiente al parámetro DQO (Demanda Química de Oxígeno)

TABLA N°05: Resultado de análisis del agua residual correspondiente al parámetro pH

TABLA N°06: Resultado de análisis del agua residual correspondiente al parámetro Solidos Totales en Suspensión

TABLA N°07: Resultado de análisis del agua residual correspondiente al parámetro Temperatura

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la variación de los Límites Máximos Permisibles para agua residual doméstica debido a la interacción de macrofitas en una laguna de oxidación. En este sentido, se consideraron como parámetros a los aceites y grasas, los coliformes termotolerantes, la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, el pH, los sólidos totales en suspensión y la temperatura de las aguas residuales domésticas. Según la revisión bibliográfica se formuló la hipótesis de investigación bajo el supuesto que si interactúan las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* en una laguna de oxidación, entonces se producirán cambios significativos en los límites máximos permisibles para agua residual doméstica.

En el plano metodológico, la investigación se condujo bajo un diseño en bloques completos al azar considerando un tratamiento testigo, un tratamiento con plántulas de *Scirpus californicus* y un tratamiento con *Typha angustifolia*. Asimismo, se consideraron tres bloques para las tres mediciones: al primer, segundo y tercer mes.

En la parte operativa, utilizando una motobomba se ubicó en cada laguna el agua residual doméstica procedente de las lagunas de oxidación más cercanas, obteniéndose en forma sistemática una muestra de un litro de agua de cada laguna, cada mes por espacio de tres meses. Esta agua fue llevada al laboratorio para su análisis.

Respecto a los resultados y aplicando la prueba de Duncan, con un nivel de confianza del 95%, se demostró que las plántulas de *Scirpus californicus* y *Typha angustifolia* contribuyen significativamente para descontaminar las aguas residuales domésticas.

En cuanto a los Límites Máximos Permisibles, en comparación con el estado inicial antes del experimento, concluimos que al experimentar con las macrofitas, la cantidad de aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos totales en suspensión aunque superan estos Límites, disminuyen significativamente respecto al tratamiento testigo.



CENTRO DE IDIOMAS



ABSTRACT

The objective of this research was to determine the variation of the maximum allowable limits for domestic residual water due to the interaction of macrophytes in an oxidation lagoon. In this sense, are considered as parameters to the oils and fats, thermotolerant coliforms, the biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, pH, total suspended solids and the temperature of the domestic wastewater. According to the literature review was formulated the research hypotheses under the assumption that if they interact the macrophytes *Typha angustifolia* and *Scirpus californicus* in a lagoon of oxidation, then there will be significant changes in the maximum allowable limits for domestic residual water.

In the methodological level, the research was conducted under a design in randomized complete block considering a control treatment, a treatment with seedlings of *Scirpus californicus* and a treatment with *Typha angustifolia*. Likewise, there were considered to be three blocks for three measurements: to the first, second and third month.

In the operative part, using a pump unit is ranked in each lagoon the domestic residual water from the oxidation ponds more nearby, obtaining in a systematic way a sample of a liter of water of each lagoon, each month for three months. This water was carried to the laboratory for analysis.

With regard to the results and applying the Duncan test, with a confidence level of 95 %, it was demonstrated that the seedlings of *Scirpus californicus* and *Typha angustifolia* contribute significantly to decontaminate the domestic wastewater.

As soon as the maximum allowable limits, in comparison to the initial state prior to the experiment, we conclude that the experiment with the macrophytes, the amount of oils and fats, thermotolerant coliforms, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand and total suspended solids although exceeds these limits, decrease significantly in relation to the control treatment.

Key words: domestic residual water; oxidation lagoon

I. CAPÍTULO I: El Problema de investigación

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de lagunas de oxidación se utilizan generalmente en las zonas rurales, para el tratamiento de las aguas residuales. Este tipo de lagunas son frecuentemente utilizados por pequeños municipios y también por algunas empresas privadas dedicadas a actividades industriales.

Se tiene la creencia errónea de que funcionan con muy poco mantenimiento; si bien el mantenimiento no requiere mano de obra intensiva pero sí necesita controlarse adecuadamente la biomasa del mismo, de manera que pueda lograr el objetivo primordial de sanear el efluente para ser volcado a los cuerpos receptores sin contaminar.

Si estos sistemas no son correctamente mantenidos, y controlados adecuadamente con respecto a su biomasa transcurrido cierto tiempo de funcionamiento comienzan a colapsar provocando sobrenadantes en la superficie y emanaciones de olores desagradables. Esto a su vez, provoca el vuelco posterior a cursos de agua sin cumplir con los parámetros estipulados en las normativas vigentes.

Frente a esto se formuló la siguiente interrogante: **¿Cuál es la variación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica debido a la interacción de macrofitas en una laguna de oxidación?**

1.2. OBJETIVOS:

1.2.1. Objetivo General:

- Evaluar la variación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para el agua residual doméstica con la interacción de macrofitas en una laguna de oxidación.

1.2.2. Objetivo Específico:

- Determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua residual doméstica antes de ser tratadas con las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus*.
- Interactuar las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* con las pequeñas lagunas de oxidación experimentales.
- Comparar la variación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua tratada con las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus*, con los límites máximos permisibles para el agua residual doméstica.

1.3. MARCO TEÓRICO

1.3.1. Antecedentes de la investigación:

- GARCÍA, Z (2012), en una tesis de “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas” indicó que con referencia a la *Lemna minor* y el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO5 fue del 96.7% y la capacidad de remoción de nutrientes fluctuó de un 50% a un 100%, con un periodo de retención de 5 días utilizando *Lemna minor* y para el tratamiento con *Eichhornia crassipes* se mostró una remoción de nutrientes que osciló entre los 52% al 86% con un periodo de retención de 5 días; mientras que el parámetro microbiológico DBO5 presentó una remoción de 26.7% en un periodo de retención de 2.5 días.
- MOSCOSO, Julio (2012). En su investigación, acuicultura con aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan, Lima – Perú, dio entre sus principales logros del estudio que se puede afirmar que el tratamiento de aguas residuales en lagunas de estabilización es apropiado para obtener un efluente con niveles de coliformes fecales menores a 100000 NMP/100 ml, límite de calidad establecido para producir peces aptos para el consumo humano directo.
- DUCHICELA, V, et-al (2014). En la Tesis “Determinación de eficiencia de especies vegetales: Totorá – Achira implementadas en biofiltros para agua de riego en Junín 2013”, se concluye que las características del efluente de forma cualitativa en la comunidad presenta una coloración gris verdosa por la presencia de materia orgánica y color azulado por los detergentes, se presenciaron olores fuertes a putrefacción por el estancamiento del agua. En laboratorio no presentó características similares a la comunidad, la coloración azulada más intensa y menos olores a descomposición. Los análisis de detergentes se presenciaron por la formación de espumas, siendo mayor en laboratorio.

1.3.2. Bases teóricas

1.3.2.1. AGUAS RESIDUALES

Agua residual es "una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones combinada con cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente". (GARCIA, Zarela. 2012).

1.3.2.2. CONSTITUYENTES DEL AGUA RESIDUAL

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos. De los constituyentes del agua residual, los sólidos suspendidos, los compuestos orgánicos biodegradables y los organismos patógenos son de mayor importancia, y por ello la mayoría de instalaciones de manejo de aguas residuales deben ser diseñadas para su remoción. (Crites Y Tchobanoglous 2000)

1.3.2.3. LAGUNAS ACUÁTICAS – CLASES DE LAGUNAS:

Las lagunas no son más que excavaciones realizadas en un terreno para el tratamiento de aguas residuales. Los trabajos de investigación realizados sobre lagunas en la década de 1940 permitieron el desarrollo de estos sistemas como una alternativa de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales.

Las lagunas usadas en el tratamiento de aguas residuales poseen una profundidad variable, pueden ser poco profundas o bastante hondas. Las lagunas se clasifican teniendo en cuenta la concentración de oxígeno disuelto (nivel de aerobacidad), y la fuente que suministra el oxígeno necesario para la asimilación bacterial de compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales. En la tabla N°1 se pueden observar las cuatro tipos de lagunas más importantes, clasificadas de acuerdo con la concentración y fuente de oxígeno. (Crites Y Tchobanoglous 2000)

Otro método de clasificación que incluyen todos los tipos de lagunas se basa en la frecuencia y duración de la descarga del efluente. De acuerdo con este enfoque las lagunas se clasifican en:

- **Lagunas de retención total o lagunas de evaporación:** Se deben considerar solo en lugares donde la tasa de evaporación supera la de precipitación anual.
- **Lagunas con descarga controlada:** Vierten su efluente periódicamente, cuando la fuente receptora presenta condiciones óptimas para recibir la descarga del efluente tratado.
- **Lagunas con descarga con control hidrológico:** Son una variación de aquellas de descarga controlada; bajo este concepto, la laguna se diseña en forma tal que permite la descarga del efluente tratado cuando la fuente receptora presenta un caudal por encima de un mínimo aceptado.
- **Lagunas con descarga continua:** Muchas de las lagunas con descarga controlada o con descarga de control hidrológico son facultativas. Todas las clases de lagunas pueden funcionar con descarga continua. (Crites Y Tchobanoglous 2000)

TABLA 1: Clasificación de las lagunas con base en la presencia y fuente de oxígeno.

Clases de lagunas	Presencia de oxígeno
Aerobia	La fotosíntesis suministra el oxígeno necesario para mantener condiciones aerobias en toda la columna de agua.
Facultativa	La zona superficial es aeróbica La zona sub-superficial puede ser anóxica o anaeróbica.
Aireada con mezcla parcial	La aireación superficial produce una zona aerobia que puede alcanzar la totalidad de la profundidad, dependiendo del ingreso de oxígeno y de la profundidad de la laguna.
Anaerobia	La totalidad de su profundidad es anaerobia.

Fuente: Crites Y Tchobanoglous 2000: "Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones"

1.3.2.4. LAGUNAS FACULTATIVAS:

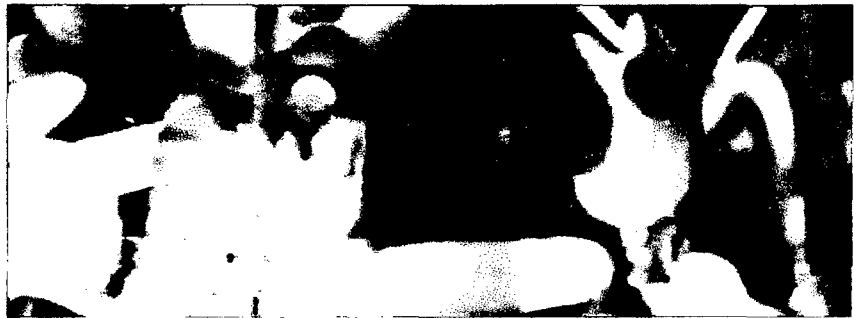
Son las más usadas y versátiles entre las diferentes clases de lagunas. En general su profundidad oscila entre 5 y 8 pies (1.5 a 2.5 m) y se conocen también como lagunas de estabilización. El tratamiento se desarrolla por acción de bacterias aerobias en la capa superior y de bacterias anaerobias o anóxicas en la capa inferior, dependiendo de la mezcla que se induce por acción del viento. Los sólidos sedimentables se depositan en el fondo de la laguna. Las dos capas que se forman en una laguna facultativa están representadas en el diagrama de la figura 1. El aporte de oxígeno se logra por fotosíntesis y por re-aireación natural superficial. Las lagunas facultativas pueden funcionar como lagunas con descarga controlada, lagunas de retención total, o como unidades de almacenamiento para un tratamiento posterior sobre el suelo. (Crites Y Tchobanoglous 2000)

1.3.2.5. HIDRÓFITOS O MACRÓFITOS ACUÁTICOS

Son aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas (hojas, tallos y raíz) sumergidas o flotantes. Se incluyen en este grupo las plantas vasculares, algunos géneros de briófitos y las algas carófitas. Son los vegetales que necesitan estar en el agua para poder vivir, donde permanecen enraizados al sustrato o flotando libremente.

Se distinguen tres tipos biológicos:

- **Macrófitos flotantes.** Aquellos que no se encuentran adheridos al sustrato, como el jacinto de agua (*Eichhorniacrassipes*), o la lenteja de agua (*Lemna minor*). (García P et- al. 2009)



- **Macrófitos eraizados-flotantes.** Aquellos que se mantienen enraizados al sustrato y tienen hojas, que pueden ser de gran tamaño, que flotan en la superficie, como los nenúfares *Nupharluteum* y *Nymphaea alba*, (García P. 2009)



- **Macrófitos sumergidos.** Aquellas especies enraizadas que tienen todas sus estructuras sumergidas dentro del agua, como las especies del género *Zannichellia*, o a lo sumo con flores o inflorescencias emergentes, como las espigas de agua (*Potamogeton lucens*). (García et al 2009)



1.3.2.6. DEPURACIÓN DE CONTAMINANTES CON MACROFITAS

De acuerdo con los procesos que tienen lugar para la depuración de contaminantes con macrofitas flotantes se dan a través de tres mecanismos primarios:

- ✓ Filtración y sedimentación de sólidos.
- ✓ Incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosechado.
- ✓ Degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas; y en los detritos del fondo de la laguna, dependiendo del diseño.

Durante la etapa de crecimiento, las macrofitas absorben e incorporan los nutrientes en su propia estructura y funcionan como sustrato para los microorganismos que promueven la asimilación de estos nutrientes a través de transformaciones químicas, incluyendo nitrificación y desnitrificación.

Estos sistemas de tratamiento (acuáticos) se basan en el mantenimiento de una cobertura vegetal de macrofitas flotantes sobre la lámina de agua, y se disponen a modo de estanques o canales en serie,

debidamente aislados, en los que discurre el influente. Su diseño contempla la remoción periódica de las plantas.

En la fotosíntesis, las macrofitas flotantes emplean el oxígeno y dióxido de carbono disponible en la atmósfera. Los nutrientes son tomados de la columna de agua a través de las raíces, las cuales constituyen también un excelente medio para la filtración/adsorción de sólidos suspendidos. El desarrollo de raíces es función de la disponibilidad de nutrientes en el agua y de la demanda de nutrientes por parte de la planta. Por consiguiente, la densidad y profundidad del medio filtrante (raíces), depende en gran medida de factores como la calidad del agua, temperatura, régimen de cosecha, etc. (Zarela G. – 2012).

a) CLASES DE PLANTAS ACUÁTICAS

Las plantas acuáticas se pueden clasificar en flotantes, sumergidas y emergentes. Las plantas acuáticas facilitan la integración paisajística de los sistemas y recrean los ecosistemas complejos donde intervienen otros elementos como insectos, anfibios y aves, regulando el sistema. Además ofrecen la posibilidad de obtener productos valorizables con diversos fines. Entre los posibles aprovechamientos están los usos ornamentales, cama para ganado, producción de compost, producción de forrajeras, obtención de fibras para trabajos artesanales, etc. (Zarela G. – 2012).

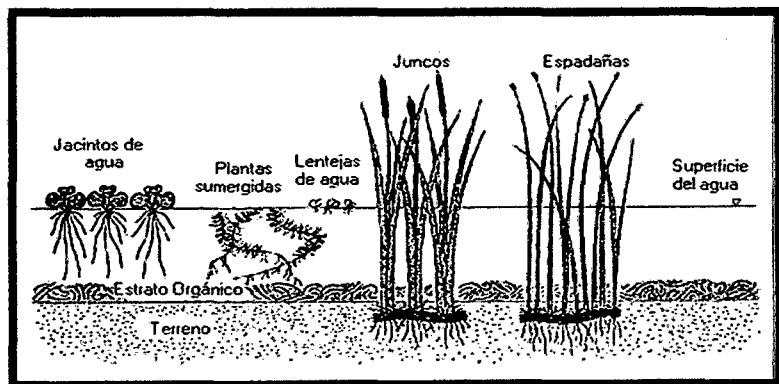


Figura 1: Principales plantas acuáticas (2003)

b) TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS

En los últimos años el tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas ha despertado un gran interés, por el potencial que han presentado para la depuración de las mismas. Algunos de estos sistemas han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos. (Zarela G. – 2012).

c) PROPIEDADES DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizósfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

Se han estudiado distintas plantas acuáticas en sistemas de depuración de aguas residuales, algas u otras sumergidas, con vistas a explorar su posible valor, las así denominadas macrófitas acuáticas flotantes, Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) es del grupo de las plantas que con más intensidad se han estado evaluando en el trópico como posibles integrantes de sistemas de recirculación de nutrientes a través de su cultivo en estanques cargados con efluentes provenientes de biodigestores anaeróbicos, en lagunas, o

simplemente colectadas en su medio natural. Particularmente esta macrófita no se ha encontrado factores antinutricionales que pudieran limitar su uso en alimentación animal, lo que las hace muy atractivas en este sentido. (ZARELA G. – 2012).

d) *Scirpus californicus*

- Reino: Plantae
- Filo: Angiospermae
- Clase: Monocotiledoneae
- Orden: Cyperales
- Familia: Cyperaceae
- Género: *Scirpus*
- Especie: *S. californicus*



Scirpus californicus

- Distribución, hábitat y estatus

Es una planta que crece, tanto de manera silvestre como cultivada, en lagunas, zonas pantanosas, huachaqueros y valsares de la costa y sierra del Perú, desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud. Los ecosistemas conformados por los totorales se caracterizan por albergar una importante diversidad de vida silvestre, donde se aprecian aves residentes y migratorias, peces de agua dulce, numerosos anfibios como sapos y ranas, y gran cantidad de plantas acuáticas como el Jacinto de agua, repollo de agua y el lirio flotante, entre otros.

Es una hierba acuática perenne, de escaso porte y fasciculada, que puede llegar a medir hasta 4 m de altura, de las cuales al menos la mitad está sumergida bajo el agua y la otra parte se halla por encima de la superficie. Posee un tallo erecto, liso, flexible, liviano, rollizo, triangular, similar al césped y sin tuberosidades en la base. (www.peruecologico.com.pe)

- Características morfológicas.

- ✓ **Tamaño:** Es una hierba acuática perenne, de escaso porte y fasciculada, que puede llegar a medir hasta 4 m de altura, de los cuales al menos la mitad está sumergida bajo el agua y la otra parte se halla por encima de la superficie.
- ✓ **Tallo:** Posee un tallo erecto, liso, flexible, liviano, rollizo, triangular, similar al césped y sin tuberosidades en la base.
- ✓ **Hojas:** Las hojas de la totora forman una vaina que rodea al tallo en la base. Están distribuidas en dos sectores: las hojas de la parte inferior de la planta presentan vainas foliares carentes de láminas, mientras que las superiores las desarrollan ocasionalmente.
- ✓ **Flores:** Las pequeñas flores de la TOTORA son hermafroditas, es decir, reúnen en sí ambos sexos, y la envoltura floral está compuesta por 2 a 6 escamas.
- ✓ **Frutos:** Esta planta produce frutos secos biconvexos o aplanados convexos, lisos o transversalmente rugosos, con un pericarpio no soldado a ellos. El fruto contiene una sola semilla de forma similar a la lenteja.
(www.peruecologico.com.pe)

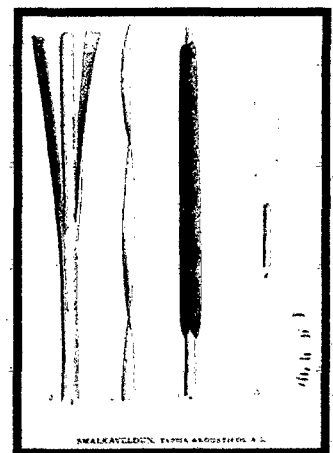
- Manejo de la especie.

- ✓ **Pozas:** Se sugiere un tamaño de 20 m de largo, 6 m de ancho y 1.5 m de profundidad. El cavado se hace con lampa y la arena removida se acumula en los bordes. Para abrir una poza se emplean unos 10 días de trabajo.

- ✓ **Siembra:** Las raíces de totora deben ser enterradas bajo el agua a una distancia de 50 cm, luego de habérseles eliminado las espigas.
- ✓ **Desraizado:** Este proceso se realiza cada 4 a 8 años, cuando las raíces superan el nivel del agua y la producción desciende. Consiste en cortar trozos de raíces para sacarlas de las pozas, y luego sembrarlas en otras.
- ✓ **Protección:** Es recomendable construir muros de contención con la TOTORA extraída con el fin de evitar que el viento tumbe la totora tierna y que se quemen las puntas de las espigas con el aire.
- ✓ **Mantenimiento:** Los bordes de las pozas requieren de mantenimiento cada vez que se realiza el desraizado, y se sugiere quemar la grama salada para que ésta no invada los bordes.
- ✓ **Cosecha:** Se realiza 12 meses después de la siembra y dura entre 1 y 3 días, teniendo en cuenta el tamaño y densidad de la planta, así como el número de cosechadores.
(www.peruecologico.com.pe)

e) *Typha Angustifolia*

- Reino: Plantae
- Sub reino: Tracheobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Typhaceae
- Género: Typha
- Especie: T. angustifolia



Typha angustifolia

1.3.3. NORMAS NACIONALES

La calidad del agua residual depende del uso de las aguas del cuerpo receptor al cual se vierte, o del uso directo de las aguas residuales tratadas.

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua según Decreto Supremo 002-2008-MINAM del 31.07.2008 son:

1. Categoría 1: Poblacional y Recreacional

✓ Aguas superficiales dedicadas a la producción de agua potable.

A1.- Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2.- Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3.- Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

✓ Aguas superficiales dedicadas para recreación.

B1.- Contacto primario

B2.- Contacto secundario

2. Categoría 2: Actividades Marino Costeras (Agua de mar)

✓ Sub categoría 1.- Extracción y cultivo de moluscos bivalvos.

✓ Sub categoría 2.- Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.

✓ Sub categoría 3.- Otras actividades.

3. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.

✓ Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto.

✓ Parámetro para riego de vegetales.

✓ Parámetro para bebida de animales.

4. Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático.

- ✓ Lagunas y lagos
- ✓ Ríos.
 - Costa
 - Sierra
 - Selva
- ✓ Ecosistemas marinos costeros
 - Estuarios
 - Marinos

5. Límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales.

Cuadro N°01: LMP para efluentes de plantas de tratamiento de agua residual domestica

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5 – 8.5
Solidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S. N° 003 – 2010 – MINAM

1.3.4. Definición De Términos:

a) Coliformes.

Bacterias gram negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (Coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica. (Crites y Tchobanoglous 2000)

b) pH.

Medida de la concentración de ion hidrogeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrogeno. Aguas residuales en concentración adversa de ion hidrogeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de seis, en tratamiento biológico favorece el crecimiento de hongos sobre las bacterias. (Romero, J. – 1999)

Importancia: Los valores de pH alejados de la neutralidad, pueden afectar la vida acuática (ej.: peces) y los microorganismos responsables por el tratamiento biológico de las aguas residuales. (Von, M. – 2012)

c) Grasas y aceites.

Se consideran grasas y aceites a los compuestos de carbono, hidrogeno y oxigeno que flotan en el agua residual, cubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar. En las aguas residuales domésticas las grasas y aceites generalmente provienen de la mantequilla, margarina, aceites vegetales y carnes. (Romero, J. – 1999)

d) DBO

Es el parámetro más importante en el control de la contaminación del agua. Este dato se utiliza como una medida de la contaminación orgánica como una base para estimar el oxígeno necesario para los procesos biológicos y como un indicador del rendimiento de los procesos. (Glynn, H Y Heinke, G – 1999)

e) Lagunas aerobias:

Son lagunas bastante profundas para permitir la penetración de la luz del sol en toda la columna de agua. Como resultado, este tipo de lagunas tiene una gran actividad fotosintética durante las horas de luz solar en toda la columna de agua. Su profundidad varía entre 1 o 2 pies. (Crites Y Tchobanoglous 2000)

f) Lagunas facultativas:

Son las más usadas y versátiles entre las diferentes clases de lagunas. En general su profundidad oscila entre 5 y 8 pies y se conocen también como lagunas de estabilización, el tratamiento se desarrolla por la acción de bacterias aerobias en la capa superior y bacterias anaerobias en la capa inferior, dependiendo de la mezcla que se induce por acción de viento. (Crites Y Tchobanoglous 2000)

g) Remoción de la DBO:

Los sólidos suspendidos en el afluente se remueven en las lagunas por sedimentación. La mayoría de los sólidos suspendidos encontrados en el efluente de estos sistemas están conformados por las propias algas que se desarrollan en las lagunas. La remoción del DBO en las lagunas depende del tiempo de retención y de la temperatura del agua. (Crites Y Tchobanoglous 2000)

h) Remoción De Nitrógeno:

La remoción de nitrógeno en los sistemas con lagunas se obtienen como resultado de la combinación de mecanismos que incluyen volatilización de amoníaco (la cual depende del pH), captura de algas, acumulación de lodos entre otros. (Crites Y Tchobanoglous 2000)

i) Materia Orgánica:

La materia orgánica presente en los cuerpos de agua y en las aguas residuales es una característica de primordial importancia, ya que es la causante del principal problema de contaminación de las aguas: el consumo del oxígeno disuelto por los microorganismos en sus procesos metabólicos de utilización y estabilización de la materia orgánica. Los principales componentes orgánicos son los compuestos de proteína, carbohidratos, la grasa y los aceites, además de la urea. (Von, M. – 2012)

1.4. SISTEMA DE VARIABLES:

1.4.1. Variable independiente “X”:

- Interacción de macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* en una laguna de oxidación experimental.

1.4.2. Variable Dependiente “Y”:

- Variación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica.

1.5. HIPÓTESIS:

- ❖ **Hipótesis de investigación:** Si interactúan las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* en una laguna de oxidación, entonces se producirán cambios significativos en los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en el agua residual doméstica.

CAPITULO II: Marco Metodológico

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

2.1.1. De Acuerdo A La Orientación: Aplicada

Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica, activa, dinámica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Busca confrontar la teoría con la realidad. Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías. La investigación aplicada, movida por el espíritu de la investigación fundamental, ha enfocado la atención sobre la solución de teorías. Concieme a un grupo particular más bien que a todos en general. Se refiere a resultados inmediatos y se halla interesada en el perfeccionamiento de los individuos implicados en el proceso de la investigación Sin embargo, en una investigación empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas. Si una investigación involucra problemas tanto teóricos como prácticos, recibe el nombre de mixta. En realidad, un gran número de investigaciones participa de la naturaleza de las investigaciones básicas y de las aplicadas. (Behar, D. 2008)

2.1.2. De Acuerdo A La Técnica De Contrastación: Experimental

En ellos el investigador desea comprobar los efectos de una intervención específica, en este caso el investigador tiene un papel activo, pues lleva a cabo una intervención. En los estudios experimentales el investigador manipula las condiciones de la investigación. En los estudios de seguimiento los individuos son identificados en base a su exposición, en

cambio en los estudios experimentales es el investigador el que decide la exposición. Recibe este nombre la investigación que obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observarlo. (Behar, D. 2008)

2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

En la investigación se hizo uso del diseño de bloques completos al azar (DBCA), considerando como tratamientos:

- T_0 : Testigo
- T_1 : Tratamiento con plántulas de *Scirpus californicus*
- T_2 : Tratamiento con *Typha angustifolia*

Asimismo, dada la naturaleza del experimento, se estimó conveniente realizar las mediciones cada cierto tiempo, por lo que se tomaron muestras cada mes por un lapso de tres meses. Para controlar el efecto que el tiempo puede tener en los tratamientos se decidió diseñar bloques:

- Bloque I : Medición al primer mes
- Bloque II : Medición al segundo mes
- Bloque III: Medición al tercer mes

Con estas condiciones, el modelo del diseño quedó de la siguiente manera:

$$X_{ij} = \mu + B_j + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

- X_{ij} = Cualquier observación o evaluación
- μ = Media General
- B_j = Efecto de bloques
- T_i = Efecto de Tratamiento
- E_{ij} = Efecto del error experimental

2.3. Población y muestra:

2.3.1. Población:

La población estuvo conformada por el agua residual contenida en tres pozas experimentales que tenían un volumen total de 21,600 lt

2.3.2. Muestra:

En forma sistemática se muestreo un litro de agua de cada poza experimental, más un litro de agua del desarenador existente, cada mes por espacio de tres meses haciendo un total de 12 lts.

2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

2.4.1. Para efectos de la investigación se siguió el siguiente procedimiento:

- Se construyeron tres pequeñas lagunas de oxidación experimentales con las dimensiones de 2.00m de ancho, 3.00m de largo y 1.50m de altura
- Se han tomado estas dimensiones por lo siguiente:
 1. El Terreno es privado y no se podía causar deterioros del relieve geográfico y causar otros impactos que puedan perjudicar al propietario y en coordinación con él se cumplió con las sugerencias de usar la misma superficie de área para excavación
 2. El área experimental se encontró ubicada a continuación de las lagunas de oxidación en funcionamiento y próximo al lugar de desfogue del efluente proveniente del ecosistema urbano. Con la finalidad de que las condiciones ambientales sean similares al actual ubicación.

3. El espacio geográfico utilizado con las dimensiones de 2m x 3m x 1.5m, el cual hace un volumen de 9m³, es significativo desde el punto de vista de la estadística aplicada a la investigación, siempre acompañado de un testigo (Calzada B, 1982)

- Utilizando una motobomba se ubicó en cada laguna el agua residual doméstica procedente del lugar más cercano a estas (Desarenador).
- Se recolectaron las macrofitas: *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* de los pantanales existentes en la zona y otros lugares, dispersados con crecimiento natural.
- Las macrofitas de *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* fueron sembradas en dos lagunas de oxidación construidas para efectos de la investigación.
- Se realizó el análisis del agua residual doméstica extraída del lugar más cercano (desarenador) a las pozas experimentales antes de la siembra de las macrofitas.
- El análisis de las aguas residuales domésticas que se encuentran bajo la interacción de las macrofitas, se realizó cada mes en los laboratorios correspondientes por tres meses consecutivos.
- Los análisis de las aguas residuales se realizaron para cada uno de los siguientes parámetros:
 - Aceites y Grasas
 - Coliformes Termotolerantes
 - Demanda Bioquímica de Oxígeno
 - Demanda Química de Oxígeno
 - pH
 - Sólidos Totales en Suspensión
 - Temperatura

2.4.2. Los resultados de la presente investigación se obtuvieron a través de:

Análisis físico – químicos y bacteriológicos del agua residual domestica extraída de las pequeñas lagunas de oxidación a través de los siguientes equipos:

- Termómetro
- Potenciómetro

2.4.3. Se realizó los siguientes métodos para el análisis de agua:

Cuadro N°02: Métodos para el análisis del agua residual

Nº	PARAMETRO	UNIDAD	METODOLOGIA
1	Aceites y Grasas	mg/L	Método De Extracción Soxhlet
2	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Filtración Por Membrana Al Vacío
3	Demanda Bioquímica De Oxígeno	mg/L	Método De Electrodo De Membrana
4	Demanda Química De Oxígeno	mg/L	Método De Electrodo De Membrana
5	pH	unidad Ph	Método Potenciometrico
6	Solidos Totales En Suspensión	mL/L	Método Espectrofotométrico
7	Temperatura	°C	Termómetro

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Dado que el supuesto básico de la investigación, bajo el experimento en DBCA, está orientado a comparar la variación de los parámetros establecidos con respecto a los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales, asumimos el siguiente tratamiento estadístico:

- ✓ Mediante el uso de la estadística inferencial, se calcularon los límites máximos permisibles para cada uno de los parámetros considerados en el experimento:

$$L_{mp} = \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

- Lmp=Límite máximo permisible
 - \bar{x} = promedio
 - $t_{\alpha/2}$ = nivel de confianza
 - S= desviación estándar
 - N= tamaño de la muestra
-
- ✓ Se hizo uso del análisis de varianza para determinar las diferencia significativas entre los tratamientos y entre los bloques:

Cuadro N°03: Análisis de varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor f Calculado	Valor f tabulado
Tratamiento	GLT (3-1=1)	SCT	CMT	FCT	FTT
Bloques	GLB (3-1=2)	SCB	CMB	FCB	FTB
Error	GLE (t-1)(r-1)=2	SCE	CME		
Total	GLTotal				

Formulas: Ver anexo N°01

- La decisión respecto a las diferencias significativas se tomó de acuerdo a los siguientes criterios:
 - Si $F_c > F_t$, entonces existen diferencias significativas entre los tratamientos o bloques, según sea el caso (fuente de variación)
 - Si $F_c < F_t$, entonces no existen diferencias significativas entre los tratamientos o bloques, según sea el caso (fuente de variación)
- ✓ Mediante la prueba de Duncan, con un nivel de confianza del 95% se determinó el tratamiento óptimo. Previamente se determinó la desviación estándar de los promedios y las amplitudes estudiantizadas significativas (AES).

$$S_x = \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

ALS	3.93	4.01
S _x =		
AES		

- S_x= desviación estándar
 - CME=cuadrado medio del error
 - R =Numero de repeticiones
- ✓ El procesamiento de los datos se realizó en forma electrónica, haciendo uso del software estadístico MINITAB

CAPÍTULO III: Resultados

3.1. RESULTADOS:

3.1.1. Determinación de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua residual doméstica antes de ser tratadas con las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus*.

CUADRO N° 04: Límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales y parámetros obtenidos del agua residual a ser tratada.

PARAMETROS	LMP / normas	DESARENADOR
Aceites y grasas	20 mg/l	285 mg/l
Coliformes termotolerantes	10000 nmp/100ml	7300 nmp/100ml
Demanda bioquímica de oxigeno	100 mg/l	8850 mg/l
Demanda química de oxigeno	200 mg/l	10730 mg/l
pH	6.5 - 8.5 unid	6.89 unid
Solidos totales en suspensión	150 ml/l	1350 ml/l
Temperatura	<35 °c	23 °c

Fuente: D.S. N° 003 – 2010 – MINAM y elaboración propia

En el cuadro 1 se muestran los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y los parámetros obtenidos de los análisis del agua residual a ser tratada.

En la primera columna se presentan los LMP establecidos por el MINAM según las normas vigentes, para cada uno de los parámetros.

En la segunda columna se presentan los análisis realizados en la investigación, al inicio del experimento. Asimismo se observa que los Coliformes Termotolerantes, el pH y la Temperatura se encuentran dentro de los LMP.

3.1.2. Interacción de las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* con las pequeñas lagunas de oxidación experimentales.

CUADRO N° 05: ANÁLISIS DE VARIANZA: Aceites y grasas en las aguas residuales

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO S MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICACIÓN
Tratamientos	2	51,444.50	25,722.25	77.08	6.94	**
Bloques	2	195.17	97.58	0.29	6.94	NS
Error	4	1,334.83	333.71			
Total	8	52,974.50				

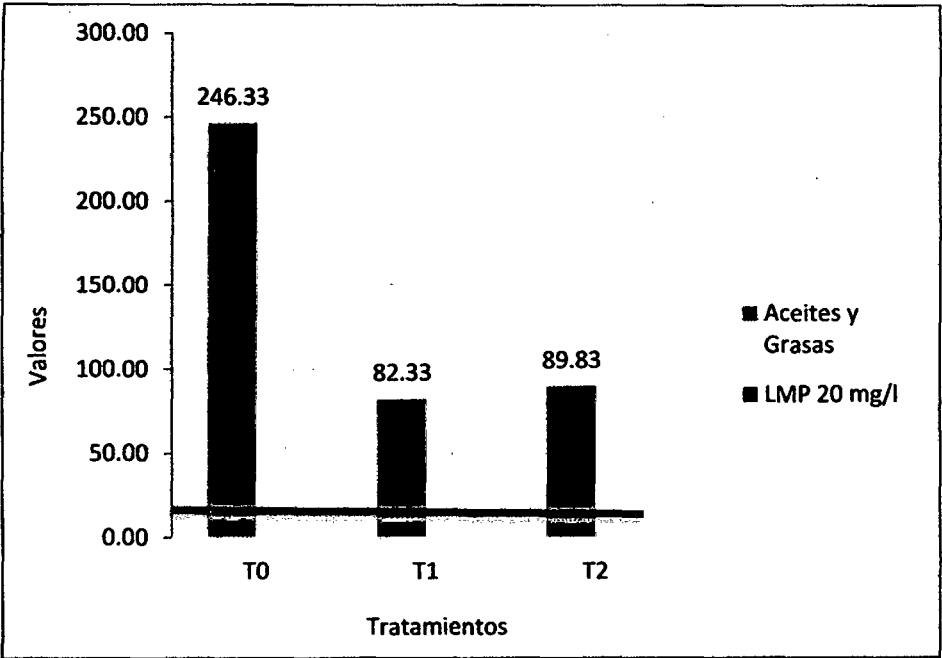
FUENTE: Elaboración Propia

❖ Interpretaciones:

Según la prueba de Duncan se aprecia que el testigo con clave T₀, es decir el agua residual sin ninguna planta acuática, presento el mayor contenido de aceites y grasas con un promedio de 246.33 mg/lit, lo cual es superior al LMP que indica la normativa y designa el valor de 20 mg/lit. Sin embargo el tratamiento de agua residual utilizando la especie *Scirpus californicus* alcanzó el menor valor en el contenido de aceites y grasas con la cantidad de 82.33 mg/lit, superando de esta manera a la especie *Typha angustifolia* quien estuvo 89,83 mg/lit.

Los valores promedios obtenidos por las plantas acuáticas, estadísticamente son iguales y numéricamente son distintas.

GRÁFICO N° 01: Contenido de Aceites y Grasas en las Aguas Residuales



FUENTE: Elaboración Propia

CUADRO N° 06: ANALISIS DE VARIANZA: Coliformes Termotolerantes
En Las Aguas Residuales

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICACIÓN
Tratamientos	2	35,524,212.67	17,762,106.33	51.58	6.94	**
Bloques	2	956,938.67	478,469.33	1.39	6.94	NS
Error	4	1,377,356.67	344,339.17			
Total	8	37,858,508.00				

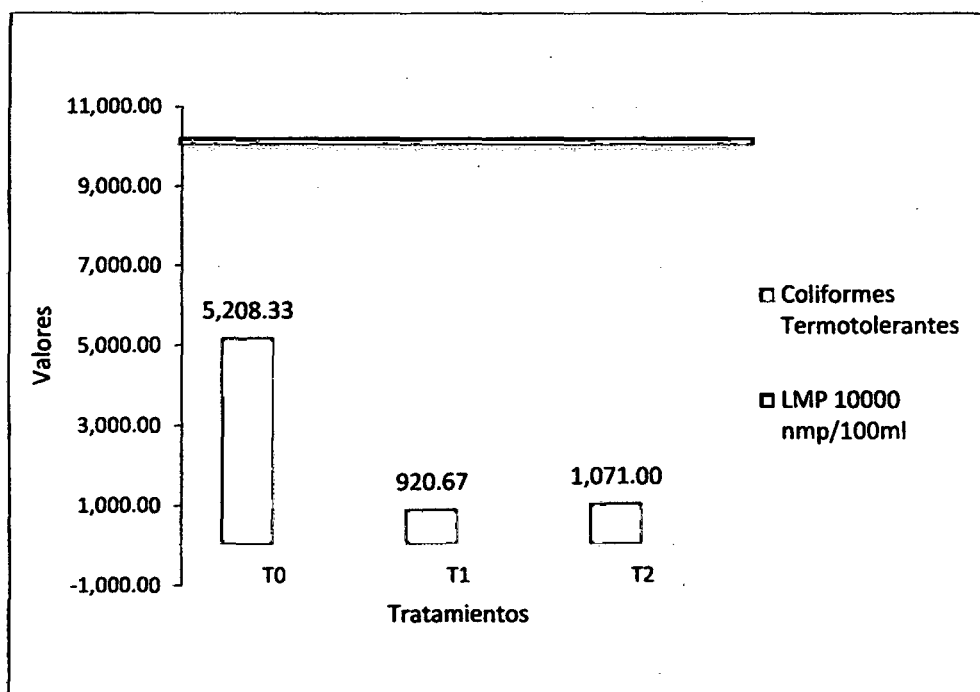
FUENTE: Elaboración Propia

❖ Interpretaciones:

Según la prueba de Duncan se aprecia que el testigo con clave T₀, es decir el agua residual sin ninguna planta acuática, se evidencia un menor número de coliformes termotolerantes los cuales no superan a los LMP que indica la normativa, ya que se obtuvo un resultado promedio de 5,208.33 NMP/100ml, así como también se observa que el tratamiento del agua residual utilizando la especie *Scirpus californicus* con clave T₁ alcanzó la menor cantidad de coliformes termotolerantes con un resultado promedio de 920.67 NMP/100ml, superando de esta manera a la especie *Typha angustifolia* con clave T₂ quien obtuvo 1,071.00 NMP/100ml.

Los valores promedios obtenidos por las plantas acuáticas, estadísticamente son iguales y numéricamente son distintas.

GRÁFICO N° 02: Contenido de Coliformes Termotolerantes En Las Aguas Residuales



FUENTE: Elaboración Propia

**CUADRO N° 07: ANALISIS DE VARIANZA: Demanda Bioquímica De
Oxigeno En Las Aguas Residuales**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICACIÓN
Tratamientos	2	33,872,955.06	16,936,477.53	22.81	6.94	**
Bloques	2	1,459,060.06	729,530.03	0.98	6.94	NS
Error	4	2,970,336.44	742,584.11			
Total	8	38,302,351.56				

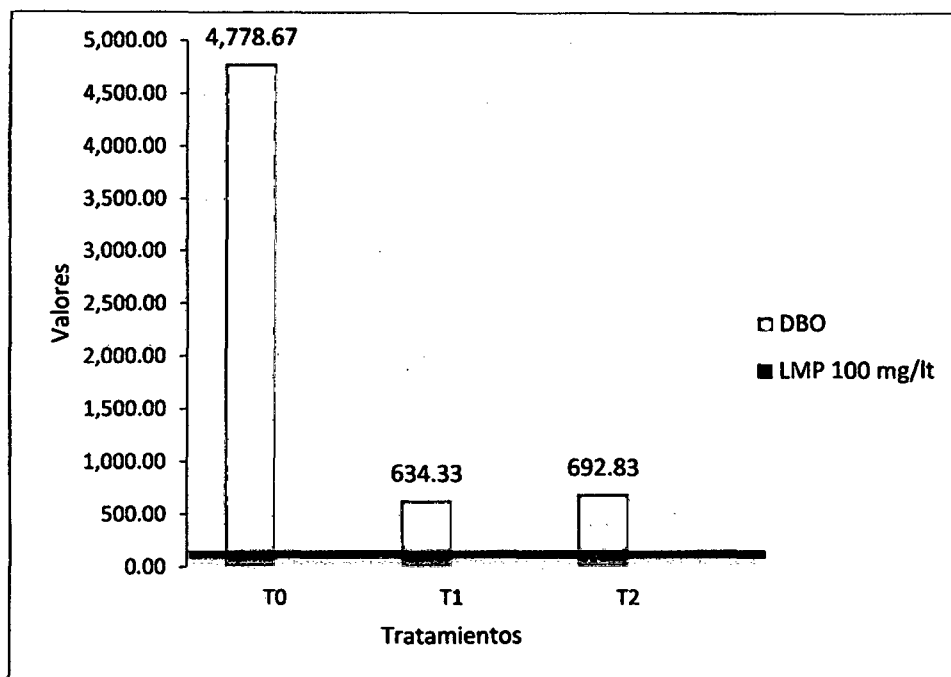
FUENTE: Elaboración Propia

❖ Interpretaciones:

Según la prueba de Duncan se aprecia que el testigo con clave T₀, es decir el agua residual sin ninguna planta acuática donde se obtuvo como promedio 4,778.67 mg/l superando largamente a los LMP de la Demanda Bioquímica de Oxígeno que indica la normativa y la que tiene un valor de 100 mg/l. Sin embargo el tratamiento de agua residual utilizando la especie *Scirpus californicus* alcanzó el menor valor promedio de la DBO con la cantidad de 634.33 mg/l, superando de esta manera a la especie *Typha angustifolia* quien estuvo 692.83 mg/l.

Los valores promedios obtenidos por las plantas acuáticas, estadísticamente son iguales y numéricamente son distintas.

GRÁFICO N° 03: Contenido de Demanda Bioquímica De Oxígeno En Las Aguas Residuales



FUENTE: Elaboración Propia

CUADRO N° 08: ANALISIS DE VARIANZA: Demanda Química De Oxígeno En Las Aguas Residuales

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICACIÓN
Tratamientos	2	67,394,349.39	33,697,174.69	23.99	6.94	**
Bloques	2	2,516,875.39	1,258,437.69	0.90	6.94	NS
Error	4	5,618,399.94	1,404,599.99			
Total	8	75,529,624.72				

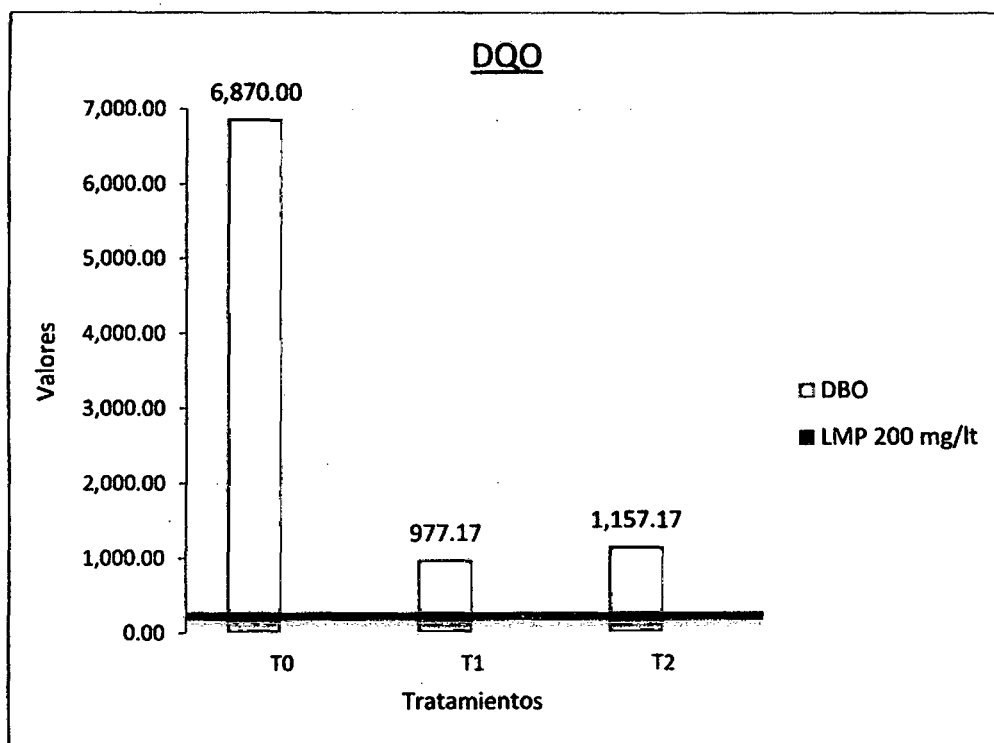
FUENTE: Elaboración Propia

❖ Interpretaciones:

Según la prueba de Duncan se aprecia que el testigo con clave T₀, es decir el agua residual sin ninguna planta acuática donde se obtuvo como promedio 6,870.00 mg/l superando largamente a los LMP de la Demanda Química de Oxígeno que indica la normativa y la que tiene un valor de 200 mg/l. Sin embargo el tratamiento de agua residual utilizando la especie *Scirpus californicus* alcanzó el menor valor promedio de la DQO con la cantidad de 977.17 mg/l, superando de esta manera a la especie *Typha angustifolia* quien estuvo 1,157.17 mg/l.

Los valores promedios obtenidos por las plantas acuáticas, estadísticamente son iguales y numéricamente son distintas.

GRÁFICO N° 04: Contenido de Demanda Química De Oxígeno En Las Aguas Residuales



FUENTE: Elaboración Propia

CUADRO N° 09: ANALISIS DE VARIANZA: pH en las aguas residuales

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor f calculado	Valor f tabulado	Significación
Tratamientos	2	0.14	0.07	3.50	6.94	NS
Bloques	2	0.02	0.01	0.51	6.94	NS
Error	4	0.07	0.02			
Total	8	0.23				

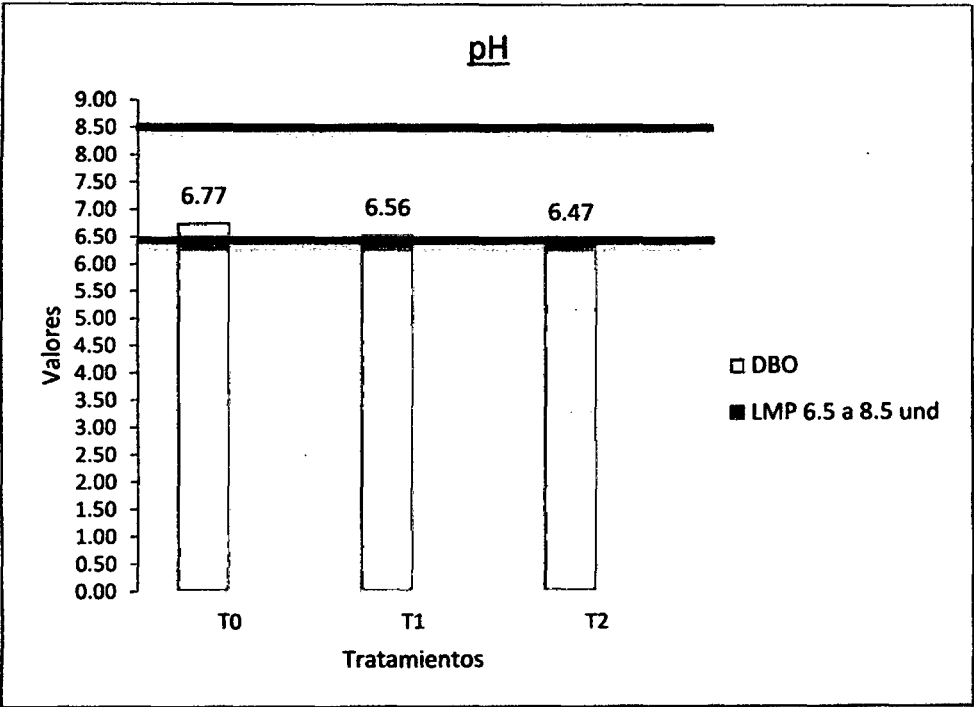
FUENTE: Elaboración Propia

❖ Interpretaciones:

Según la prueba de Duncan se aprecia que el testigo con clave T₀, es decir el agua residual sin ninguna planta acuática, se obtuvo como resultado promedio del pH 6.77 und, resultado que no supera a los LMP que indica la normativa que tiene los valores de 6.5 a 8.5 und. Así como también se observa que el tratamiento del agua residual utilizando la especie *Scirpus californicus* con clave T₁ alcanzó un valor de pH con un resultado promedio de 6.56und, la especie *Typha angustifolia* con clave T₂ obtuvo 6,47 und; encontrándose dentro de los LMP de la normativa vigente.

Los valores promedios obtenidos por las plantas acuáticas, estadísticamente son iguales

GRÁFICO N° 05: Contenido de pH en las aguas residuales



FUENTE: Elaboración Propia

**CUADRO N° 10: ANALISIS DE VARIANZA: Solidos Totales En
Suspensión En Las Aguas Residuales**

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor f calculado	Valor f tabulado	Significación
Tratamientos	2	351,375.50	175,687.75	3.26	6.94	NS
Bloques	2	110,088.67	55,044.33	1.02	6.94	NS
Error	4	215,520.33	53,880.08			
Total	8	676,984.50				

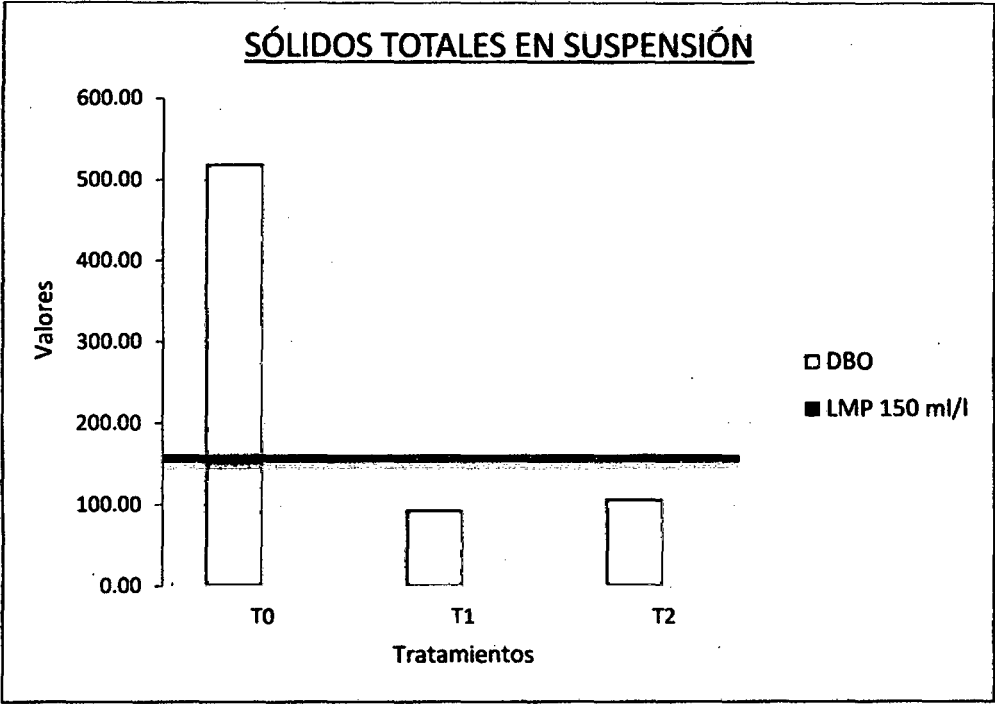
FUENTE: Elaboración Propia

❖ Interpretaciones:

Según la prueba de Duncan se aprecia que el testigo con clave T₀, es decir el agua residual sin ninguna planta acuática donde se obtuvo como promedio 520mg/l superando largamente a los LMP de los Solidos Totales en Suspensión que indica la normativa y la que tiene un valor de 150 mg/lt. Sin embargo el tratamiento de agua residual utilizando la especie *Scirpus californicus* alcanzó el menor valor promedio de los STS con la cantidad de 94.50 mg/lt, superando de esta manera a la especie *Typha angustifolia* quien estuvo 107.5 mg/lt.

Los valores promedios obtenidos por las plantas acuáticas, estadísticamente significativas y numéricamente son distintas.

GRÁFICO N° 06: Contenido de Solidos Totales En Suspensión En Las Aguas Residuales



FUENTE: Elaboración Propia

CUADRO N° 11: ANALISIS DE VARIANZA: Temperatura En Las Aguas Residuales

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor f calculado	Valor f tabulado	Significación
Tratamientos	2	2.00	1.00	3.00	6.94	NS
Bloques	2	0.67	0.33	1.00	6.94	NS
Error	4	1.33	0.33			
Total	8	4.00				

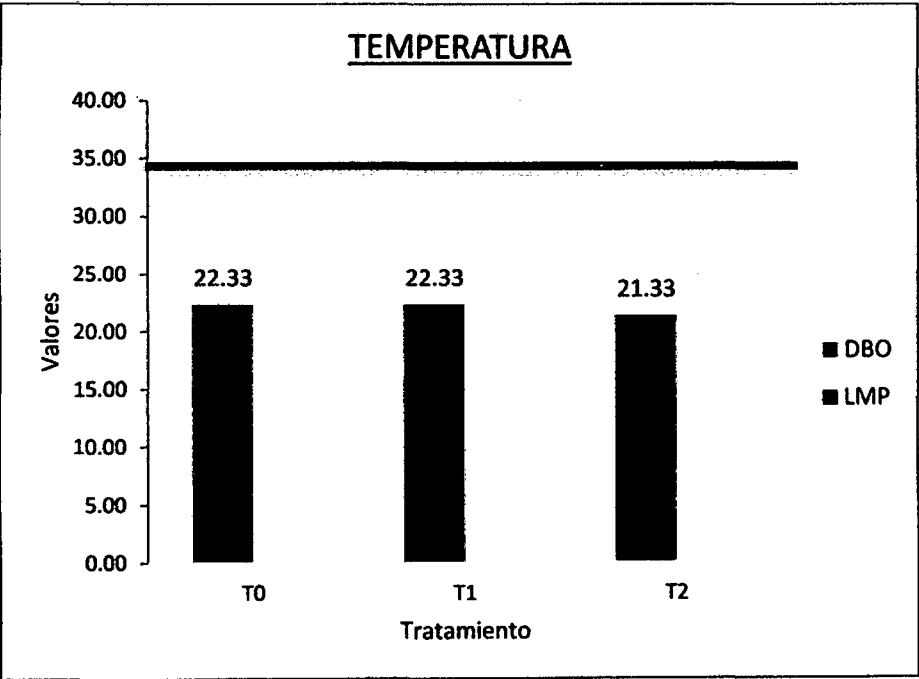
FUENTE: Elaboración Propia

❖ Interpretaciones:

Según la prueba de Duncan se aprecia que el testigo con clave T_0 , es decir el agua residual sin ninguna planta acuática, se obtuvo como resultado promedio de la Temperatura 22 °C, resultado que no supera a los LMP que indica la normativa que tiene como valore <35 °C. Así como también se observa que el tratamiento del agua residual utilizando la especie *Scirpus californicus* con clave T_1 alcanzó un valor de la temperatura con un resultado promedio de 22°C, la especie *Typha angustifolia* con clave T_2 obtuvo 21°C; encontrándose dentro de los LMP de la normativa vigente.

Los valores promedios obtenidos por las plantas acuáticas, estadísticamente son iguales (significativas) y numéricamente son distintas.

GRÁFICO N° 07: Contenido de Temperatura En Las Aguas Residuales



FUENTE: Elaboración Propia

3.1.3. Comparación de la variación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua tratada con las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus*, con los límites máximos permisibles del agua residual doméstica.

CUADRO N° 12: Comparación de los LMP establecidos por la norma con los parámetros derivados de la investigación

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES			
	SEGÚN LA NORMA	TRATAMIENTO TESTIGO	TRATAMIENTO CON <i>Scirpus californicus</i>	TRATAMIENTO CON <i>Typha angustifolia</i>
Aceites Y Grasas	20 mg/L	246.33 mg/L	82.33 mg/L	89.83 mg/L
Coliformes Termotolerantes	10000 NMP/100mL	5,208.33 NMP/100mL	920.67 NMP/100mL	1,071.00 NMP/100mL
Demanda Bioquímica De Oxígeno	100 mg/L	4,778.67 mg/L	634.33 mg/L	692.83 mg/L
Demanda Química De Oxígeno	200 mg/L	6,870.00 mg/L	977.17 mg/L	1,157.17 mg/L
pH	6.5 - 8.5 unid	6.77 unid	6.56 unid	6.47 unid
Sólidos Totales En Suspensión	150 mL/L	520.00 mL/L	94.50 mL/L	107.50 mL/L
Temperatura	<35 °C	22 °C	22 °C	21 °C

FUENTE: Elaboración Propia

❖ Interpretaciones:

En el cuadro 10 se presentan los límites máximos permisibles según la norma y los obtenidos mediante la investigación, de lo cual se deriva lo siguiente:

- ✓ Respecto a los aceites y grasas, la norma indica que el LMP debe ser 20mg/L, sin embargo, al inicio del experimento se evidencio la presencia de 246.33 mg/L. asimismo, cuando las aguas residuales fueron tratadas con plántulas de *Scirpus californicus* (T₁) el valor de este parámetro fue 82.33mg/L, mientras que con plántulas de *Typha angustifolia* (T₂) el valor fue de 89.83mg/L.
- ✓ Respecto a los coliformes termotolerantes, la norma indica que el LMP debe ser 10000 NMP/100mL. Al inicio del experimento se evidencio la presencia de 5,208.33 NMP/100mL. Cuando las aguas residuales fueron tratadas con plántulas de *Scirpus californicus* (T₁) el valor de este parámetro fue 920.67 NMP/100mL, mientras que con plántulas de *Typha angustifolia* (T₂) el valor fue 1,071.00 NMP/100mL.
- ✓ Respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, la norma indica que el LMP debe ser 100 mg/L, sin embargo, al inicio del experimento se evidencio la presencia de 4,778.67 mg/L. asimismo, cuando las aguas residuales fueron tratadas con plántulas de *Scirpus californicus* (T₁) el valor de este parámetro fue de 634.33 mg/L, mientras que con plántulas de *typha angustifolia* (T₂) el valor fue de 692.83 mg/L.
- ✓ Respecto a la demanda química de oxígeno, la norma indica que el LMP debe ser 200 mg/L, sin embargo, al inicio del experimento se evidencio la presencia de 6,870.00 mg/L. asimismo, cuando las aguas residuales fueron tratadas con plántulas de *Scirpus californicus* (T₁) el valor de este parámetro fue de 977.17 mg/L, mientras que con plántulas de *Typha angustifolia* (T₂) el valor fue de 1,157.17 mg/L.

- ✓ Respecto al pH, la norma indica que el LMP debe ser 6.5 a 8.5 unidades, observándose al inicio del experimento la presencia de 6.77 unidades. Asimismo, cuando las aguas residuales fueron tratadas con plántulas de *Scirpus californicus* (T1) el valor de este parámetro fue de 6.56 unidades, mientras que con plántulas de *Typha angustifolia* (T2) el valor fue de 6.47 unidades.
- ✓ Respecto a los Sólidos Totales en Suspensión, la norma indica que el LMP debe ser 150 mg/lt, observándose al inicio del experimento la presencia de 520 mg/lt. Asimismo, cuando las aguas residuales fueron tratadas con plántulas de *Scirpus californicus* (T1) el valor de este parámetro fue de 94.50 mg/lt, mientras que con plántulas de *Typha angustifolia* (T2) el valor fue de 107.50 mg/lt.
- ✓ Respecto a la temperatura, la norma indica que el LMP debe ser 35°C. al inicio del experimento se evidencio una temperatura de 22°C. Asimismo, cuando las aguas residuales fueron tratadas con plántulas de *Scirpus californicus* (T1) el valor de este parámetro fue 22°C, mientras que con plántulas de *Typha angustifolia* (T2) el valor fue de 21°C

CUADRO N° 13: ANALISIS DE VARIANZA – Tratamiento Optimo

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor f calculado	Valor f tabulado	Significaci3n
Tratamientos	2	7.99	3.99	267.85	6.94	**
Bloques	2	0.05	0.03	1.82	6.94	NS
Error	4	0.06	0.01			
Total	8	8.10				

FUENTE: Elaboraci3n Propia

- ❖ Del ANVA se deduce que existe diferencia significativa entre los tratamientos considerados para el experimento, mas no as3 en los bloques.

CUADRO N° 14: Determinaci3n de las amplitudes estudiantizadas significativas

AES	3.93	4.01
S _x = 0.04		
ALS	0.157	0.160

CUADRO N° 15: MATRIZ DE DIFERENCIAS

	TRATAMIENTOS			T° OPTIMO
	T ₀ : 0.42	T ₁ : 2.23	T ₂ : 2.57	
T ₀ : 0.42	0	1.81	2.15*	T ₂
T ₁ : 2.23		0	0.34	
T ₂ : 2.57			0	
ALS		0.157	0.160	

- ❖ Interpretaci3n:

Se concluye que el tratamiento 3ptimo es T₁; es decir, las pl3ntulas de *Typha angustifolia* contribuyen significativamente para la descontaminaci3n de las aguas residuales.

3.2. Discusiones

Concluida la experimentación, se generó la siguiente discusión respecto a los resultados:

- a. Al Determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua residual doméstica antes de ser tratadas con las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus*, encontramos que todos los parámetros evaluados a excepción de coliformes termotolerantes, pH y la temperatura se encontraron dentro de los LMP según lo dispuesto en la norma (D.S. N°003–2010–MINAM).

Los resultados de los parámetros aceites y grasas (285 mg/lt), DBO (8850 mg/lt), DQO (10730 mg/lt), SST (1350 ml/lt), se encuentran aproximadamente mayores en 10 veces de lo establecido en los LMP, es decir se trata de un efluente contaminado.

Sin embargo Maritza M. (2014), Afirma que el resultado del parámetro pH del agua residual domestica antes de recibir un tratamiento no se encuentra dentro del LMP, y que el resultado del parámetro SST antes de recibir un tratamiento si se encuentra dentro de los LMP.

- b. Al Interactuar las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* con las pequeñas lagunas de oxidación experimentales, encontramos que la cantidad de aceites y grasas presentes en el agua residual superan los LMP en los tres tratamientos considerados en el experimento. Estos contaminantes tienen un efecto estético indeseable, una vez que su presencia en la superficie de los cuerpos de agua es fácilmente perceptible, entre ellas el color gris oscuro y olor fétido, distinto a otros fluidos líquidos existente en la naturaleza.

El efluente tratado con *Scirpus californicus*, presento valores próximos a los LMP, durante su permanencia de 3 meses en el fluido contaminado; sin embargo la macrofita *Typha angustifolia*, presento valores menos próximos a los LMP, probablemente debido al corto periodo de

exposición y a la baja densidad de plantas ubicadas en las pequeñas pozas experimentales, entre otros factores.

María y Karen (2011), Afirman, La especies en estudio macrofitas (*Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*) presentaron diferencias en las remociones de contaminantes debido a las diferentes necesidades en requerimiento nutricional de cada una de ellas, sin embargo sus porcentajes de remoción mejoran en cada etapa de crecimiento.

- c. Según los resultado obtenidos en los parámetros evaluados, observamos que las plántulas de *Scirpus californicus*, contribuyeron significativamente en la descontaminación de las aguas residuales domésticas. Por qué las plantas acuáticas mantienen las condiciones de degradación aeróbica de la materia orgánica y sedimentos filtrados, mediante la acción de sus raíces, en las cuales se desarrolla una intensa actividad bacteriana.

De esta manera se logró disminuir los altos valores de los parámetros evaluados en el efluente, ubicando próximos a los LMP, con mayor eficiencia utilizando la especie *Scirpus californicus* , probablemente debido a su alta adaptación a las condiciones climáticas del valle del Alto Mayo.

De igual modo María y Karen (2011), reportan que aplicando un tratamiento con plantas acuáticas o macrofitas (*Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*) para aguas residuales se obtiene agua de buena calidad que incluso puede ser destinada para riego de vegetales de tallo bajo y alto.

3.3. Conclusiones:

- a. El agua residual domestica antes de ser tratada con las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus*, los parámetros analizados muestran que los Coliformes Termotolerantes (7300 NMP/100ml), pH (6.89 und) y Temperatura (23 °C) se encuentran dentro de los LMP y los parámetros DBO (8850 mg/l), DQO (10730 mg/l), Solidos totales en suspensión (1350 mg/l), Aceites y grasas (285 mg/l), superan significativamente a estos LMP.
- b. Se demostró que la interacción de *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus* evaluados en forma independiente, contribuyeron significativamente en la disminución de la descontaminación de las aguas residuales domésticas; vertidas en las pequeñas lagunas experimentales.
- c. Respecto a la comparación entre los LMP y los parámetros considerados en el experimento, encontramos lo siguiente:
 - En la macrofita *Scirpus californicus*, los parámetros: cantidad de aceites y grasas (82.33 mg/l), coliformes termotolerantes (920.67 NMP/100ml), demanda bioquímica de oxígeno (634.33 mg/l) y demanda química de oxígeno (977.17 mg/l) se aproximaron a los LMP, más que los resultados de *Typha angustifolia*.
 - Ambas macrofitas, *Scirpus californicus* y *Typha angustifolia* evaluados individualmente, presentaron la cantidad de Solidos totales en suspensión (94.50 ml/l y 107.50 ml/l), temperatura (22 °C y 22 °C) y pH (6.56 y 6.47) dentro de los L.M.P.

3.4. Recomendaciones:

Al finalizar el proyecto de investigación se recomienda lo siguiente:

- a.** Evaluar otros parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica, antes de ser tratadas con las especies utilizadas, entre otras existentes en los distintos valles.
- b.** Utilizar las macrofitas *Typha angustifolia* y *Scirpus californicus*, en forma conjunta en las pequeñas lagunas de oxidación y con mayor periodo de tiempo de retención, superior a los 35 días.
- c.** Realizar más evaluaciones de la macrofitas (*Scirpus californicus*), quien presentó mejores resultados comparados con los valores de los LMP

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Ávila, H.L. (2006). *“Introducción a la metodología de la investigación”*. Edición electrónica – México.

Behar D. (2008). *“Metodología de la Investigación”*. Edición A. Rubeira – Colombia.

Caballero A. (2000). *“Metodología de la Investigación Científica: Diseño con Hipótesis Explicativas”*. Edición Udegraf S.A. – Lima.

Calzada B. (1982). *“Métodos estadísticos para la investigación”*. Edición Milagros S.A. – Lima, Perú

Crites Y Tchobanoglous (2000). *“Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones”*. Editorial Nomos S.A. – Colombia.

Córdova, M (1997). *“Estadística descriptiva e Inferencial”* – Tercera edición

Delgadillo, A, L y M. (2010) *“Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales”*. Edición Nelson Antequera Durán – Bolivia.

Duchicela, Viviana Nataly y otros (2014) *“Determinación De Eficiencia De Especies Vegetales: Totorá – Achira Implementadas En Biofiltros Para Agua De Riego En Punín 2013”*,

García P., Et Al (2009). *“Habitantes del agua Macrofitos”*. Editorial Margarita Martínez Acevedo

Glynn, H y Heinke, G. (1999) *“Ingeniería Ambiental. México”*.

Moscós, J (2012) *“Acuicultura con aguas residuales tratadas en las Lagunas de Estabilización de San Juan, Lima, Perú”*

Ríos, C. (2012). *“Estadística y diseño de experimentos”*. Editorial Universitaria – Perú.

Rodriguez, M. (2011) *“Depuración de aguas servidas utilizando especies acuáticas en la ciudad de Moyobamba - 2011”*, Proyecto de tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental – Universidad Nacional de San Martín.

Romero, J. (1999). *“Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño”*.

Sánchez, M (2014) *“Evaluación de la capacidad de depuración de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Moyobamba 2014”*, Proyecto de tesis para optar el Título de Ingeniero Sanitario – Universidad Nacional de San Martín.

Von, M. (2012). *“Principios del tratamiento biológico de agua residuales”* – Vol. 1, 1era edición en español

Zarela G. (2012). *“Comparación Y Evaluación De Tres Plantas Acuáticas Para Determinar La Eficiencia De Remoción De Nutrientes En El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas”*; Tesis Para Optar El Título Profesional De Ingeniero Sanitario. Perú, Universidad Nacional de Ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL.

- ✓ <http://www.elestanque.com/plantas>
- ✓ www.peruecologico.com.pe
- ✓ http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf

ANEXOS N° 1

FORMULAS ESTADÍSTICAS

$$C.V.= \frac{\sqrt{Error\ CMEE}}{\Sigma X_{ij}}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{Error\ CMEE}{r}}$$

$$T.C.= \frac{(\Sigma X_{ij})^2}{(t)(r)}$$

$$\Sigma x^2_{ij} = \Sigma (\text{todos los datos al cuadrado} - \text{Bloques y Tratamiento})$$

$$S.C.T.C.= \Sigma X^2_{ij} - T.C.$$

$$S.C.B.= \frac{\Sigma X^2_j}{t} - T.C.$$

$$S.C.T.= \frac{\Sigma X^2_i}{r} - T.C.$$

$$S.C.E.E.= S.C.T.C - (S.C.B + S.C.T)$$

Donde:

C.V = Coeficiente de Variación

Sx = Error estandar

T.C = Termino de Correccion

S.C.T.C = Suma de Cuadrados Totales Corregidos

S.C.B. = Suma de Cuadrados por Bloque

S.C.T. = Suma de Cuadrados por Tratamiento

S.C.E.E. = Suma de cuadrados del error experimental

ANEXOS N° 2

TABLA N°01: Resultado de analisis del agua residual correspondiente al parámetro Aceites y Grasas

ACEITES Y GRASAS

BLOQUES	TRATAMIENTOS			ΣX_j	ΣX_j
	T_0	T_1	T_2		
I	264	83	91	438	146.00
II	218	92.5	95.5	406	135.33
III	257	71.5	83	411.5	137.17
Σx_i	739	247	269.5	1255.5	
PROMEDIO	246.33	82.33	89.83		139.5
LMP	20 mg/L				

RESULTADO DE ECUACIONES

*T.C.=	175,142.25	*S.C.T.C.=	52,974.50
* Σx_{2ij} =	228,116.75	*S.C.B.=	195.17
* Σx_{2i} =	679,760.25	*S.C.T=	51,444.50
* Σx_{2j} =	526,012.25	*S.C.E.E=	1,334.83

*C.V.= 13.10%
*S_x= 10.55

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICACIÓN
Tratamientos	2	51,444.50	25,722.25	77.08	6.94	**
Bloques	2	195.17	97.58	0.29	6.94	NS
Error	4	1,334.83	333.71			
Total	8	52,974.50				

PRUEBA DE DUNCAN

AES	3.93	4.01
S _x = 10.55	10.55	10.55
ALS	41.46	42.306

PROMEDIO	
T0	246.33
T1	82.33
T2	89.83

DESARROLLO:

$$\star T.C = \frac{(\sum X_{ij})^2}{(txr)}$$

$$T.C = \frac{(264 + 83 + 91 + 218 + 92.5 + 95.5 + 257 + 71.5 + 83)^2}{(3 \times 3)}$$

$$T.C = 175,142.25$$

$$\star \sum X^2_{ij} = 264^2 + 83^2 + 91^2 + 218^2 + 92.5^2 + 95.5^2 + 257^2 + 71.5^2 + 83^2$$

$$\sum X^2_{ij} = 228,116.75$$

$$\star \sum Xi^2 = 739^2 + 247^2 + 269.5^2$$

$$\sum Xi^2 = 679,760.25$$

$$\star \sum Xj^2 = 438^2 + 406^2 + 411.5^2$$

$$\sum Xj^2 = 526,012.25$$

$$\star S.C.T.C = \sum X^2_{ij} - T.C$$

$$S.C.T.C = 228,116.75 - 175,142.25$$

$$S.C.T.C = 52,974.50$$

$$\star S.C.B = \frac{\sum Xj^2}{t} - T.C$$

$$S.C.B = \frac{526,012.25}{3} - 175,142.25$$

$$S.C.B = 195.17$$

$$\star S.C.T = \frac{\sum Xi^2}{r} - T.C$$

$$S.C.T = \frac{679,760.25}{3} - 175,142.25$$

$$S.C.T = 51,444.50$$

$$\star S.C.E.E = S.C.T.C - (S.C.B + S.C.T)$$

$$S.C.E.E = 52,974.50 - (195.17 + 51,444.50)$$

$$S.C.E.E = 1,334.83$$

$$\star C.V = \frac{\sqrt{\text{Error CMEE}}}{\sum Xi}$$

$$C.V = \frac{\sqrt{333.71}}{139.5}$$

$$C.V = 13.10\%$$

$$\star S.V = \sqrt{\frac{\text{Error CMEE}}{r}}$$

$$S.V = \sqrt{\frac{333.71}{3}}$$

$$S.V = 10.55$$

ANEXOS N° 3

TABLA N°02: Resultado de analisis del agua residual correspondiente al parámetro Coliformes Termotolerantes

COLIFORMES TERMOTOLERANTES

BLOQUES	TRATAMIENTOS			ΣXj	ΣXj
	T ₀	T ₁	T ₂		
I	6250	1091	1171	8512	2,837.33
II	4132	916	1116	6164	2,054.67
III	5243	755	926	6924	2,308.00
Σxi	15625	2762	3213	21600	
PROMEDIO	5,208.33	920.67	1,071.00		2400.00
LMP	10000 NMP/100mL				

RESULTADO DE ECUACIONES

*T.C.=	51,840,000.00	*S.C.T.C.=	37,858,508.00
*Σx2ij=	89,698,508.00	*S.C.B.=	956,938.67
*Σx2i=	262,092,638.00	*S.C.T=	35,524,212.67
*Σx2j=	158,390,816.00	*S.C.E.E=	1,377,356.67

*C.V.= 24.45%
*Sx= 338.79

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICAC IÓN
Tratamientos	2	35,524,212.67	17,762,106.33	51.58	6.94	**
Bloques	2	956,938.67	478,469.33	1.39	6.94	NS
Error	4	1,377,356.67	344,339.17			
Total	8	37,858,508.00				

PRUEBA DE DUNCAN

AES	3.93	4.01
S _x = 338.79	338.79	338.79
ALS	1,331.44	1,358.55

PROMEDIO	
T ₀	5,208.33
T ₁	920.67
T ₂	1,071.00

ANEXOS N° 4

TABLA N°03: Resultado de analisis del agua residual correspondiente al parámetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

DBO

BLOQUES	TRATAMIENTOS			ΣXj	ΣXj
	T ₀	T ₁	T ₂		
I	6170	641	702	7513	2,504.33
II	3210	652	701.5	4563.5	1,521.17
III	4956	610	675	6241	2,080.33
Σxi	14336	1903	2078.5	18318	
PROMEDIO	4,778.67	634.33	692.83		2035.28
LMP	100 mg/L				

RESULTADO DE ECUACIONES

*T.C.=	37,281,200.69	*S.C.T.C.=	38,302,351.56
*Σx2ij=	75,583,552.25	*S.C.B.=	1,459,060.06
*Σx2i=	213,462,467.25	*S.C.T=	33,872,955.06
*Σx2j=	116,220,782.25	*S.C.E.E=	2,970,336.44

*C.V.= 42.34%
*Sx= 497.52

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICACIÓN
Tratamientos	2	33,872,955.06	16,936,477.53	22.81	6.94	**
Bloques	2	1,459,060.06	729,530.03	0.98	6.94	NS
Error	4	2,970,336.44	742,584.11			
Total	8	38,302,351.56				

PRUEBA DE DUNCAN

AES	3.93	4.01
S _x = 497.52	497.52	497.52
ALS	1,955.26	1,995.06

PROMEDIO	
T ₀	4,778.67
T ₁	634.33
T ₂	692.83

ANEXOS N° 5

TABLA N°04: Resultado de analisis del agua residual correspondiente al parámetro DQO (Demanda Química de Oxígeno)

DQO

BLOQUES	TRATAMIENTOS			ΣX_j	ΣX_j
	T_0	T_1	T_2		
I	9100	969	1070.5	11140	3,713.17
II	5180	997	1163	7340	2,446.67
III	6330	965.5	1238	8533.5	2,844.50
Σx_i	20610	2931.5	3471.5	27013	
PROMEDIO	6,870.00	977.17	1,157.17		3001.44
LMP	200 mg/L				

RESULTADO DE ECUACIONES

*T.C.=	81,078,018.78	*S.C.T.C.=	75,529,624.72
* Σx_{2ij} =	156,607,643.50	*S.C.B.=	2,516,875.39
* Σx_{2i} =	445,417,104.50	*S.C.T=	67,394,349.39
* Σx_{2j} =	250,784,682.50	*S.C.E.E=	5,618,399.94

*C.V.= 39.49%

* S_x = 684.25

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICACIÓN
Tratamientos	2	67,394,349.39	33,697,174.69	23.99	6.94	**
Bloques	2	2,516,875.39	1,258,437.69	0.90	6.94	NS
Error	4	5,618,399.94	1,404,599.99			
Total	8	75,529,624.72				

PRUEBA DE DUNCAN

AES	3.93	4.01
$S_x= 684.25$	684.25	684.25
ALS	2,689.11	2,743.85

PROMEDIO	
T0	6,870.00
T1	977.17
T2	1,157.17

ANEXOS N° 6

TABLA N°05: Resultado de analisis del agua residual correspondiente al parámetro pH

pH

BLOQUES	TRATAMIENTOS			ΣX_j	ΣX_j
	T ₀	T ₁	T ₂		
I	6.58	6.58	6.44	20	6.53
II	6.97	6.51	6.41	19.885	6.63
III	6.75	6.59	6.55	19.88	6.63
Σx_i	20.30	19.67	19.40	59.36	
PROMEDIO	6.77	6.56	6.47		6.60
LMP	6.5 - 8.5 unid				

RESULTADO DE ECUACIONES

*T.C.=	391.51	*S.C.T.C.=	0.23
* Σx_{2ij} =	391.75	*S.C.B.=	0.02
* Σx_{2i} =	1,174.97	*S.C.T=	0.14
* Σx_{2j} =	1,174.59	*S.C.E.E=	0.07
*C.V.= 2.03%			
*S _x = 0.08			

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICAC IÓN
Tratamientos	2	0.14	0.07	3.50	6.94	NS
Bloques	2	0.02	0.01	0.51	6.94	NS
Error	4	0.07	0.02			
Total	8	0.23				

PRUEBA DE DUNCAN

AES	3.93	4.01
S _x = 0.08	0.08	0.08
ALS	0.30	0.31

PROMEDIO	
T0	6.77
T1	6.56
T2	6.47

ANEXOS N° 7

TABLA N°06: Resultado de analisis del agua residual correspondiente al parámetro Solidos Totales en Suspensión

SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN

BLOQUES	TRATAMIENTOS			ΣX_j	ΣX_j
	T ₀	T ₁	T ₂		
I	950	101	110	1161	387.00
II	150	98	111	359	119.67
III	460	84.5	101.5	646	215.33
Σx_i	1560	283.5	322.5	2166	
PROMEDIO	520.00	94.50	107.50		240.67
LMP	150 mL/L				

RESULTADO DE ECUACIONES

*T.C.=	521,284.00	*S.C.T.C.=	676,984.50
* Σx^2_{ij} =	1,198,268.50	*S.C.B.=	110,088.67
* Σx^2_i =	2,617,978.50	*S.C.T.=	351,375.50
* Σx^2_j =	1,894,118.00	*S.C.E.E.=	215,520.33

*C.V.= 96.45%
*S_x= 134.02

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICACIÓN
Tratamientos	2	351,375.50	175,687.75	3.26	6.94	NS
Bloques	2	110,088.67	55,044.33	1.02	6.94	NS
Error	4	215,520.33	53,880.08			
Total	8	676,984.50				

PRUEBA DE DUNCAN

AES	3.93	4.01
S _x = 134.02	134.02	134.02
ALS	526.68	537.40

PROMEDIO	
T ₀	520.00
T ₁	94.50
T ₂	107.50

ANEXOS N° 8

TABLA N°07: Resultado de analisis del agua residual correspondiente al parámetro Temperatura

TEMPERATURA

BLOQUES	TRATAMIENTOS			ΣX_j	ΣX_j
	T ₀	T ₁	T ₂		
I	22	22	21	65	21.67
II	23	22	22	67	22.33
III	22	23	21	66	22.00
Σx_i	67	67	64	198	
PROMEDIO	22.33	22.33	21.33		22.00
LMP	<35 °C				

RESULTADO DE ECUACIONES

*T.C.=	4,356.00	*S.C.T.C.=	4.00
* Σx^2_{ij} =	4,360.00	*S.C.B.=	0.67
* Σx^2_i =	13,074.00	*S.C.T.=	2.00
* Σx^2_j =	13,070.00	*S.C.E.E.=	1.33

*C.V.= 2.62%
*S_x= 0.33

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F CALCULADO	VALOR F TABULADO	SIGNIFICAC IÓN
Tratamientos	2	2.00	1.00	3.00	6.94	NS
Bloques	2	0.67	0.33	1.00	6.94	NS
Error	4	1.33	0.33			
Total	8	4.00				

PRUEBA DE DUNCAN

AES	3.93	4.01
S _x = 0.33	0.33	0.33
ALS	1.31	1.34

PROMEDIO	
T0	22.33
T1	22.33
T2	21.33

PANEL FOTOGRAFICO



IMAGEN N° 01: Trazado de las pozas experimentales para su excavación



IMAGEN N° 02: Trazado de las pozas experimentales para su excavación



IMAGEN N° 03: Proceso de excavación de las pozas experimentables



IMAGEN N° 04: Sembrado de la Totorá



IMAGEN N° 05: Sembrado de la Totora

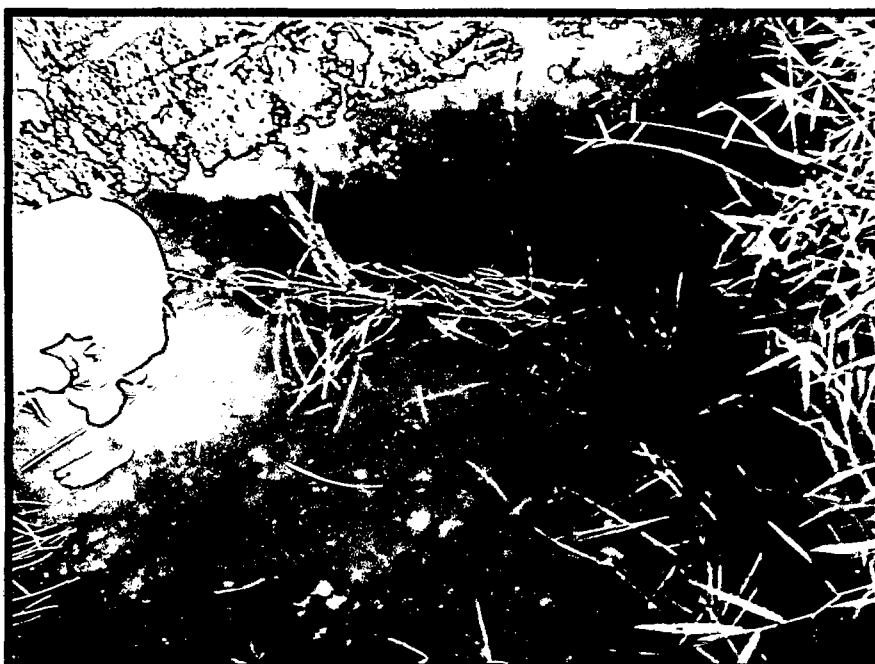


IMAGEN N° 06: Sembrado de Varita



IMAGEN N° 07: Bombeo de agua del desarenador hacia las Pozas



IMAGEN N° 08: Proceso de crecimiento de Macrofita (totoras)



IMAGEN N° 09: Proceso de crecimiento de Macrofita (Varita)

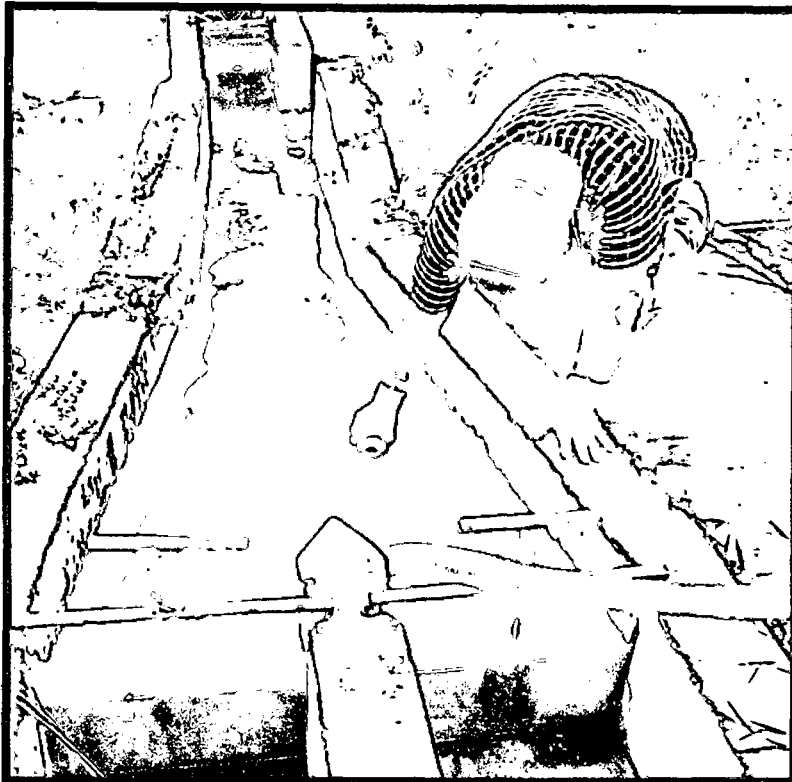


IMAGEN N° 10: Toma de muestra del desarenador



IMAGEN N° 11: Toma de muestra de las pozas

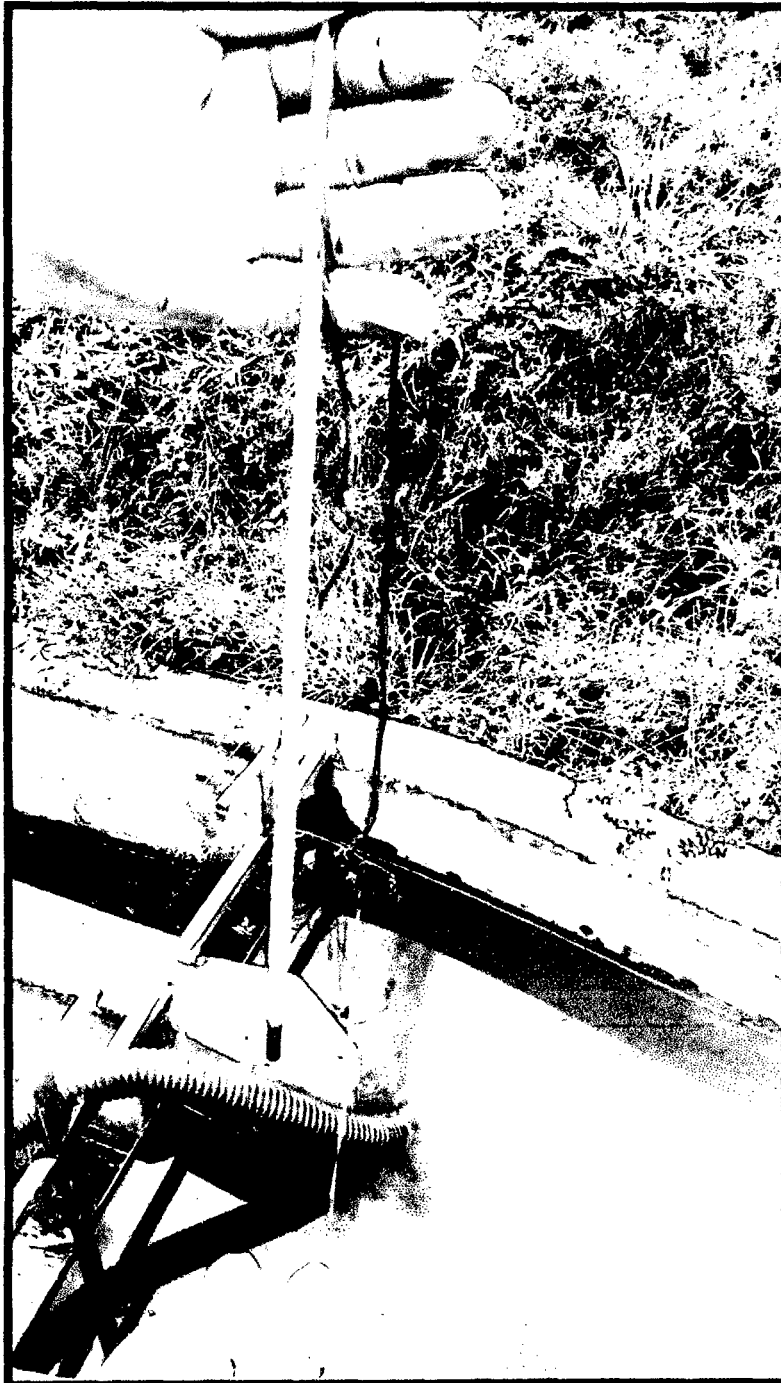


IMAGEN N° 12: Medición de la Temperatura

INFORME DE ENSAYO N° 010-2015/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTES : David Alberto Carranza Vela
Claudia Alexandra Rojas Ventura

PUNTO DE MUESTREO : 01 punto

MUESTRA : Agua Residual

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 15-03-2015.

HORA TOMA DE MUESTRA : 11:00 A.M

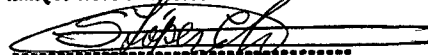
MUESTREO : Por el Solicitante.

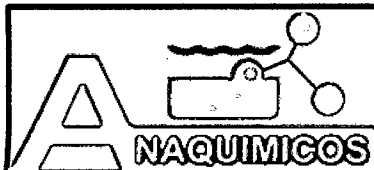
FECHA DE EMISIÓN : 20-03-2015

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P Según Norma	RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO
			DESARENADOR
Aceites y Grasas	mg/L	20	285
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	10000	7300
DBO ₅	mg/L	100	8850
DQO	mg/L	200	10730
Ph	Und	6.5 – 8.5	6.89
SST	mg/L	150	1350
Temperatura	°C	< 35	23

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
CIP. N° 140674
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

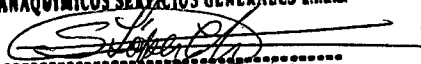
INFORME DE ENSAYO N° 011-2015/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTES : David Alberto Carranza Vela
Claudia Alexandra Rojas Ventura
PUNTO DE MUESTREO : 04 puntos
MUESTRA : Agua Residual
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 19-04-2015.
HORA TOMA DE MUESTRA : 11:00 A.M
MUESTREO : Por el Solicitante.
FECHA DE EMISIÓN : 24-04-2015

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P. Según Norma	RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO			
			TESTIGO T ₀	TOTORA T ₁	VARITA T ₂	DESARENADOR
Aceites y Grasas	mg/L	20	264	83	91	298
Coliformes Termotolerantes	UFC/100m L	10000	6250	1091	1171	7450
DBO ₅	mg/L	100	6170	641	702	9050
DQO	mg/L	200	9100	969	1070.5	11010
Ph	Und	6.5 – 8.5	6.58	6.575	6.44	6.95
SST	mg/L	150	950	101	110	1430
Temperatura	°C	< 35	22	22	21	24

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
CIP. N° 140674
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

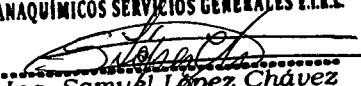
INFORME DE ENSAYO N° 012-2015/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTES : David Alberto Carranza Vela
Claudia Alexandra Rojas Ventura
PUNTO DE MUESTREO : 04 puntos
MUESTRA : Agua Residual
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 24-05-2015.
HORA TOMA DE MUESTRA : 11:00 A.M
MUESTREO : Por el Solicitante.
FECHA DE EMISIÓN : 30-05-2015

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P Según Norma	RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO			
			TESTIGO T ₀	TOTORA T ₁	VARITA T ₂	DESARENADOR
Aceites y Grasas	mg/L	20	218	92.5	95.5	290
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	10000	4132	916	1116	7350
DBO ₅	mg/L	100	3210	652	701.5	8900
DQO	mg/L	200	5180	997	1163	10850
Ph	Und	6.5 – 8.5	6.97	6.505	6.41	6.9
SST	mg/L	150	150	98	111	1380
Temperatura	°C	< 35	23	22	22	23

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
CIP. N° 140674
TITULAR GERENTE



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 013-2015/ANAQUIMICOS/CC

SOLICITANTES : David Alberto Carranza Vela
Claudia Alexandra Rojas Ventura
PUNTO DE MUESTREO : 03 puntos
MUESTRA : Agua Residual
FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 28-06-2015
HORA TOMA DE MUESTRA : 11:00 A.M.
MUESTREADO : Por el Solicitante
FECHA DE EMISIÓN : 03-07-2015

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P Según norma	RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO		
			TESTIGO T ₀	TOTORA T ₁	VARITA T ₂
Aceites y Grasas	mg/L	20	257	71.5	83
Coliformes Termotolerantes	UFC/10 0mL	10000	5243	755	926
DBO ₅	mg/L	100	4956	610	675
DQO	mg/L	200	6330	965.5	1238
Ph	Und	6.5 - 8.5	6.75	6.585	6.545
SST	mg/L	150	460	84.5	101.5
Temperatura	°C	< 35	22	23	21

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
CIP N° 140674
TITULAR GERENTE